

Method, tool and apparatus for chip removing machining

Patent Number: EP1052049
 Publication date: 2000-11-15
 Inventor(s): KIRCHBERGER PETER DIPL-ING (AT)
 Applicant(s): BOEHLERIT GMBH CO KG (AT)
 Requested Patent: EP1052049, A3
 Application Number: EP20000890138 20000428
 Priority Number(s): AT19990000788 19990503
 IPC Classification: B23D37/00
 EC Classification: B23D37/00B; B23B5/18; B23C3/06
 Equivalents: AT410770B, AT78899
 Cited Documents: US5349888; EP0211216; JP59007513

Abstract

To machine workpieces, by material removal, the workpiece is rotated and also the tool is rotated at least partially in relation to each other. The machining action is in two stages by milling material from the workpiece surface in the first stage and by turning in the second stage. The tool (2) has a disk shape with a number of peripheral cutters (211) at the milling zone, and at least one further zone (20) with material removal cutters (221) which come into play by rotation of the workpiece after the rotational movement (D) of the tool.

Data supplied from the esp@cenet database - I2

Description

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur spanabhebenden Bearbeitung, insbesondere zur Erstellung von gekrümmten abgespannten Oberflächen von Teilbereichen von Werkstücken, zum Beispiel von Lagerzonen an Kurbelwellen, bei welchen das Werkstück sowie zumindest teilweise das Werkzeug gedreht und relativ zueinander bewegt werden und zumindest Teile der endbearbeiteten Oberflächenbereiche eine verbesserte Güte und/oder eine geringere Masstoleranz aufweisen.

[0002] Weiters bezieht sich die Erfindung auf ein Werkzeug zur spanabhebenden Bearbeitung, welches Werkzeug im wesentlichen scheibenförmig und um eine Achse drehbar ausgebildet und mit umfänglich angeordneten Schneidkanten, insbesondere von Schneidkörpern, versehen ist.

[0003] Schliesslich befasst sich die Erfindung mit einer Vorrichtung zur spanabhebenden Bearbeitung bestehend im wesentlichen aus mindestens einer antreibbaren Werkstückspanneinrichtung und einer axial parallel drehend, antreibbaren in Richtung zum Werkstück hin- und herverschiebbaren und anstellbaren Werkzeugspanneinrichtung mit einem scheibenförmigen Werkzeug.

[0004] Bei einer Abspannung zur Erstellung von gekrümmten Oberflächen an Werkstücken kann das Werkstück oder beides relativ zueinander gesteuert bewegt werden, welche Bewegungen letztlich das Bearbeitungsverfahren kennzeichnen. Eine Bearbeitung durch Fräsen liegt nach üblicher Fachmeinung vor, wenn ein bewegtes Werkzeug mit mehreren aufeinanderfolgend in Eingriff gelangenden Schneiden spannerzeugend wirksam ist. Eine Drehbearbeitung erfolgt durch eine drehende und spannerzeugende Bewegung des Werkstückes bei Anstellung von einer oder mehreren Werkzeugschneiden.

[0005] Bearbeitete Zapfen von Werkstücken sind sowohl durch ein Drehen als auch durch ein Fräsen des Rohlings herstellbar. Wird ein Lagerzapfen einer Kurbelwelle durch Fräsen bearbeitet, so dreht sich das Werkzeug mit einer

Vielzahl von Schneiden, wobei eine langsame Drehung der Welle selbst den Vorschub begründet. Jede Schneide des Werkzeuges ist dabei abspannend wirksam, woraus sich eine grosse Zerspanungsleistung bzw. eine hohe Effizienz der Bearbeitung ergibt. Nachteilig jedoch ist, dass jede einzelne nacheinander in Eingriff gebrachte Schneide auf Grund des Vorschubes einen Span vom Werkstück abnimmt und dadurch dessen abgespannte Oberfläche eine Riefen aufweisende Struktur erhält. Derartige Oberflächenriefen sind bedeutungslos, wenn nachfolgend beispielsweise ein Schleifen der Bearbeitungsbereiche vorgenommen wird oder wenn die Riefen, auf Grund einer geringen mechanischen Belastung dieser Bereiche des Werkstückes im praktischen Einsatz, keine Rissinitiationsgefahr darstellen.

[0006] Wenn, wie alternativ zu einer Fräsbearbeitung, ein Abdrehen zur Erstellung der bearbeiteten Oberflächen im Zapfenbereich einer Kurbelwelle vorgenommen wird, können zwar höchste Güte derselben und geringste Masstoleranzen erreicht werden, die Abspannungsleistung und die Wirtschaftlichkeit der Fertigung sind jedoch gering.

[0007] Maschinenbaukomponenten werden im zunehmenden Masse mechanisch höher belastet, sodass zur Vermeidung von Dauerbrüchen bei Wechselbeanspruchungen für hochbelastete Bereiche riefenfreie Oberflächenausführungen erforderlich sind. Dementsprechend werden vielfach die Übergänge der Zapfen von den Hauptlagern und den Pleuellagern einer Kurbelwelle mit riefenfreien Ausrundungen oder dergleichen Hohlkehlen gefordert, was durch eine Drehbearbeitung dieser Bereiche erreichbar ist.

[0008] Um nun bei einer Bearbeitung einer Kurbelwelle einerseits eine grosse Abspannungsleistung in den Zapfenzonen zu erreichen und andererseits die Oberflächengüte der Ausrundungen oder Hohlkehlen an den Zapfenübergängen zu verbessern, erfolgt jedoch vielfach ein Werkzeugwechsel, das heisst, der aufgespannte Rohling wird mit einem Fräs Werkzeug bearbeitet, worauf dieses ausgebracht, ein Drehwerkzeug positioniert und mit diesem die Bereiche, die eine riefenfreie Oberfläche aufweisen müssen, mittels Drehens zumindest nachbearbeitet werden. Prinzipiell ist es auch möglich, den Rohling umzuspannen bzw. jeweils in Einzweckmaschinen zu spanen.

[0009] Ein Werkzeugwechsel sowie ein Umspannen des Werkstückes sind auch der Massgenauigkeit wegen aufwendige Operationen, die Zeit erfordern, so dass in der Bearbeitungstechnik, insbesondere für eine spanende Formgebung von Kurbelwellen, wirtschaftliche Lösungen für ein Fräsen und nachfolgend ein Drehen bestimmter Bereiche eines Werkstückes gesucht werden.

[0010] Hier will die Erfindung Abhilfe schaffen und setzt sich zum Ziel, ein Verfahren anzugeben, mit welchem eine kostengünstige Erstellung von gekrümmten abgespannten Oberflächen mit zumindest Teilbereichen mit verbesserter Güte herstellbar ist.

[0011] Auch ist es Aufgabe der vorliegenden Erfindung, ein Werkzeug zu schaffen, mit welchem ein Abspannen mit grosser Leistung und der Erhalt einer riefenfreien Bearbeitungsoberfläche ermöglicht wird.

[0012] Ferner ist es Ziel der Erfindung, Mängel von Bearbeitungsmaschinen zu beseitigen und eine Vorrichtung zu erstellen, mit welcher ohne Umspannoperationen eine Fräsbearbeitung und ein Drehen eines Werkstückes vorgenommen werden können.

[0013] Das Ziel wird bei einem Verfahren der eingangs genannten Art dadurch erreicht, dass die Bearbeitung in zwei Schritten mit einem Werkzeug erfolgt, wobei als erster Bearbeitungsschritt ein Abspannen durch Fräsen durchgeführt wird, bei welchem das Werkstück sowie das Werkzeug bewegt und/oder gedreht und relativ zueinander angestellt werden, wonach in einem zweiten Bearbeitungsschritt ein weiteres Abspannen von Teilbereichen mit der Massgabe erfolgt, dass die Drehbewegung des Werkzeuges beendet und zumindest eine Schneidkante desselben an das sich bewegende Werkstück angestellt wird und von diesem Drehspäne abgenommen werden.

[0014] Die mit der Erfindung erreichten Vorteile sind im wesentlichen darin zu sehen, dass einem hochwirtschaftlichen Bearbeiten durch Fräsen unmittelbar ein Drehen folgt, mittels welchen bei geringer Abspannung eine Oberflächengüte erreichbar ist, die hohe Sicherheit gegen die Initiation von Dauerbrüchen gewährleistet. Dauerbrüche von Bauteilen auf Grund von wechselnden Belastungen derselben gehen fast ausnahmslos von scharfen Kanten und von Oberflächenkerben aus. Aus diesem Grund werden anwendungstechnisch erforderliche Kanten von dynamisch beanspruchten Teilen gerundet oder mit Hohlkehlen ausgeführt, wobei die Oberfläche dieser Bereiche in besonderem Masse kerbfrei zu erstellen ist. Erfindungsgemäss ist es nun möglich, derartige Übergänge in wechselnd beanspruchten Teilen besonders wirtschaftlich sowie mit einer hohen Oberflächengüte, zumindest in den erforderlichen Teilbereichen, zu fertigen.

[0015] Fertigungstechnisch, jedoch auch hinsichtlich verbesserter Gebrauchseigenschaften kann es günstig sein, wenn bei einer Herstellung von Kurbelwellen die Lagerzonen jeweils im ersten Bearbeitungsschritt gefräst werden, wonach im

zweiten Bearbeitungsschritt jeweils die Drehbewegung des Werkzeuges in einer vorgesehenen Position beendet und in dieser zumindest die Lagerflächen, die beiderseits der Lagerfläche angeordneten Rundungen oder Hohlkehlen der Lagerzapfen drehbearbeitet werden. Gegebenenfalls ist dazu lediglich eine Erhöhung der Werkstückdrehzahl erforderlich, so dass insgesamt vergleichsweise wesentlich geringere Stückfertigungszeiten erreichbar sind, was auch eine Erhöhung der Kapazität der Bearbeitungsmaschine mit sich bringt.

[0016] Wenn weiters, wie vorteilhaft vorgesehen sein kann, im zweiten Bearbeitungsschritt die Lagerflächen der Kurbelwelle jeweils durch zumindest eine schräggestellte Werkzeugkante mittels Drehräumens abgespannt werden, wobei ein Nachdrehen des Werkzeuges in Abhängigkeit von der Kantenschräge bezogen auf die Lageraxe erfolgt, ist es möglich, zusätzlich eine verbesserte Axparallelität der Fläche zu erhalten und eine geringere Masstoleranz vorzusehen bzw. die Schleifzugabe an den Lagerstellen zu verkleinern.

[0017] Insbesondere im Hinblick auf einen kontinuierlichen Zerspanungsvorgang sowie ein Vermeiden eines Umspannens des Werkstückes bzw. Rohlings, was in nachteiliger Weise die Bearbeitungszeiten erhöhen und die Bearbeitungsgenauigkeit verringern kann, ist es bevorzugt, wenn bei einer Bearbeitung eines exzentrischen Teiles des drehbewegten Werkstückes, zum Beispiel einer Pleuellagerzone, einer um die Hauptlageraxe drehbewegten Kurbelwelle, das Werkzeug, wie bekannt, der Bearbeitungsfläche gesteuert nachgeführt wird, wobei im zweiten Bearbeitungsschritt in Abhängigkeit von der Amplitude der Bearbeitungsfläche und von dem Abstand der Schneidkante von der Werkzeugachse, eine oszillierende Schwenkbewegung, insbesondere ein oszillierendes Drehschwenken, des Werkzeuges in einem Winkelbereich der Nachführung überlagert wird.

[0018] Die weitere Aufgabe der vorliegenden Erfindung wird bei einem gattungsgemässen Bearbeitungsmittel dadurch gelöst, dass das scheibenförmige Werkzeug umfänglich zumindest zwei unabhängig voneinander einsetzbare Arbeitssegmente aufweist, wovon zumindest ein Segment bzw. ein Umfangs-Teil- Bereich mit einer für ein Fräsen vorgesehenen Vielzahl von Schneidkanten oder Schneidkörpern, die aufeinanderfolgend in Arbeitsposition einbringbar sind, bestückt sind und zumindest ein weiteres Segment bzw. einen restlichen, in Richtung zur Achse hin rückversetzten Teilbereich des Umfangs mit zumindest einer Schneidkante, insbesondere mit zumindest einem Schneidkörper für eine Drehbearbeitung und/oder für ein Drehräumen eines Werkstückes, besitzt.

[0019] Die mit dem erfindungsgemässen Werkzeug erreichten Vorteile sind im wesentlichen darin begründet, dass mit demselben Werkzeug ein Fräsen und ein Drehen erfolgen kann, dass also bei entsprechender Planung der Bearbeitungsschritte eine effiziente Abspannung und eine hohe Oberflächengüte in kürzester Zeit erreichbar sind. Nach dem Fräsen mit hoher Abspannungsleistung werden einfach das Werkzeug in jener Position angehalten, in welcher dessen rückversetzter Teilbereich mit den Schneidkanten für eine Drehbearbeitung gegen das Werkstück weist, diese an die gegebenenfalls vorbereitete Oberfläche angestellt und eine Drehoperation zur Verbesserung der Oberfläche und Massgenauigkeit durchgeführt.

[0020] Besonders hohe Spanabnahmen mit im wesentlichen gleicher Spandicke sind vorteilhaft erreichbar, wenn, gegen die Drehrichtung des Werkzeuges gesehen, das auf ein Arbeitssegment für eine Drehbearbeitung des Werkstückes folgende Arbeitssegment für ein Fräsen, Schneiden besitzt, von denen mindestens die erste Schneidkante im Vergleich mit dem Flugkreis der letzten oder übrigen Schneidkante(n) radial rückversetzt ist.

[0021] Das weitere Ziel der Erfindung, die Mängel von bekannten Bearbeitungsmaschinen zu beseitigen, wird bei einer Vorrichtung der eingangs genannten Art dadurch erreicht, dass die in der Richtung des Werkstückes bewegbare Werkzeugspanneinrichtung mit dem Werkzeug alternativ zur Drehbewegung für ein Fräsen, zum Nachführen einer Drehschneide an dem Bearbeitungsbereich um einem Winkel gesteuert, oszillierend schwenkbar bzw. dergleichen drehbar ausgebildet ist.

[0022] Erfindungsgemäss wird dadurch vorteilhaft erreicht, dass das Drehwerkzeug auch bei sich exzentrisch um eine Axe drehenden Bearbeitungsflächen, wie zum Beispiel Pleuellagerflächen einer Kurbelwelle, in allen Fällen winkeltgerecht, das heisst mit gleichbleibendem Span- Frei- und Anstellwinkel in Eingriff bringbar ist.

[0023] In Weiterbildung der erfindungsgemässen Bearbeitungseinrichtung ist für eine Drehbearbeitung einer Zylinderfläche von besonderem Vorteil, wenn der Oszillation des Werkzeuges um die Einspannachse zum Nachführen der Drehschneide der Bearbeitungsfläche am Werkstück, eine sich aus der Schneidengeometrie ableitende Verschiebung des Oszillationsbereiches für ein Drehräumen überlagerbar ist. Derart wird ein sogenanntes Rattern des Werkzeuges, welches leicht bei der Abnahme von breiten Spänen entsteht, vermieden und eine hohe Güte der gedrehten Oberfläche am Werkstück erreicht.

[0024] Im folgenden soll die Erfindung anhand von lediglich einen Ausführungsweg darstellenden Zeichnungen näher

erläutert werden. Es zeigt schematisch

- Fig. 1 Fräsbearbeitung eines Kurbelwellenzapfens
- Fig. 2 Drehbearbeitung
- Fig. 3 Drehräumbearbeitung
- Fig. 4 a Rohling
- Fig. 4 b Fräsform
- Fig. 4 c Dreh- oder Endform
- Fig. 5 Werkzeugbewegung beim Fräsen
- Fig. 6 Werkzeugbewegung beim Drehen
- Fig. 7 Werkzeugbewegung beim Drehräumen

[0025] In Fig. 1 ist ein Werkstück 1, im vorliegenden ein Kurbelwellenzapfen, bei einer Fräsbearbeitung durch ein Werkzeug 2 dargestellt, wobei eine Drehrichtung D des Werkzeugs derjenigen eines Werkstückes 1 gegengerichtet ist. Schneidkörper 21 mit Schneidecken 211 für ein Fräsen, die einen Flugkreis F bildend, durch eine Rotation des Werkzeuges in einer Folge bei einer Anstellung desselben abspannend wirksam sind, werden in einem Umfangsbereich durch ein Segment 20 mit einem, in der Position gegen die Werkzeugachse bzw. den Flugkreis F rückversetzten Schneidkörper 22 mit einer Schneidkante 221 für eine Drehbearbeitung unterbrochen. Während einer Fräsbearbeitung des Werkstückes gelangt die Schneidkante 221 nicht in Eingriffsposition.

[0026] Nach einer Spanabnahme durch ein Fräsen wird das Werkzeug 2 in einer Position, wie in Fig. 2 dargestellt, angehalten bzw. festgelegt, in welcher ein Schneidkörper 22 mit einer Schneidkante 221 für eine Drehbearbeitung des Werkstück 1 gegenüber liegt. Durch Anstellen des nun feststehenden Werkzeuges 2 an ein sich drehendes Werkstück 1 erfolgt eine Drehbearbeitung von Oberflächenteilen.

[0027] In Fig. 3 ist eine Bearbeitung einer Zylinderfläche eines Werkstückes 1, zum Beispiel eines Zapfens einer Kurbelwelle, durch Drehräumen dargestellt. Gegenüber einem sich drehenden Werkstück wird dabei eine schräggestellte Werkzeugschneide 221 durch einen Vorschub V gegen die Werkstückdrehrichtung jeweils partiell spanbildend wirksam,

[0028] Die Fig. 4 zeigen jeweils schematisch einen Ablauf einer Abspannung.

In Fig. 4a ist ein Werkstück 1 mit einer Kontur 11 des Rohlings und einer solchen 12 des bearbeiteten Teiles dargestellt, wobei die Bearbeitungskontur 12 Hohlkehlen 13 besitzt.

Fig. 4b zeigt obiges Werkstück mit einem durch ein Fräsen mittels Fräs-Schneidkörpers 21, 21', 21'' abgespannten Volumsbereich 121 hinsichtlich einer Rohlingsoberfläche 11. Schneidkörper 22 für eine Drehbearbeitung sind in einem Teilbereich des Werkzeugumfanges rückversetzt und nicht im Eingriff.

In Fig. 4c ist ein Werkzeug 2 derart positioniert, dass Drehkörper 22 und 22' mit Schneiden 122 Hohlkehlen 13 in einen Bearbeitungsbereich eines Werkstückes eindrehen.

[0029] In Fig. 5 ist eine Fräsbearbeitung eines Werkstückes 1 bzw. ein hinsichtlich der Standzeit der Werkzeugschneiden vorteilhaftes Abfräsen eines Pleuelzapfens einer Kurbelwelle in Gleichlaufrichtung dargestellt. Weil die Kurbelwelle derart aufgespannt ist, dass sich diese um die Hauptlageraxe B dreht, vollführt der Pleuelzapfen bzw. dessen Axe A eine exzentrische Drehbewegung der durch eine Nachföhrbewegung XA des Werkzeuges Rechnung getragen werden muss. Erfolgt nun dem Fräsen nachgeordnet erfindungsgemäss eine Drehbearbeitung mittels eines Schneidkörpers 22, wie in Fig. 6 dargestellt, so wird zusätzlich zu einer Nachföhrbewegung XA eine drehende Schwenkbewegung S des Werkzeuges 2 zur winkeltgerechten Anstellung der Schneidkante 221 vorgenommen.

[0030] Eine Schwenkbewegung S eines Werkzeuges 2 beim Drehen eines exzentrisch aufgespannten Werkstückes 1 wird, wie in Fig. 7 dargestellt ist, bei einem Drehräumen eine Verschiebung V überlagert, die einen feinen Drehspan in Axrichtung ohne Rattererscheinungen des Werkzeuges von der Werkstückoberfläche abnimmt.

Data supplied from the esp@cenet database - I2

Claims

1. Verfahren zur spanabhebenden Bearbeitung, insbesondere zur Erstellung von gekrümmten abgespannten Oberflächen von Teilbereichen von Werkstücken, zum Beispiel von Lagerzonen an Kurbelwellen, bei welchen das Werkstück sowie

zumindest teilweise das Werkzeug gedreht und relativ zueinander bewegt werden und zumindest Teile der endbearbeiteten Oberflächenbereiche eine verbesserte Güte und/oder eine geringere Masstoleranz aufweisen, dadurch gekennzeichnet, dass die Bearbeitung in zwei Schritten mit einem Werkzeug erfolgt, wobei als erster Bearbeitungsschritt ein Abspannen durch Fräsen durchgeführt wird, bei welchem das Werkstück sowie das Werkzeug bewegt und/oder gedreht und relativ zueinander angestellt werden, wonach in einem zweiten Bearbeitungsschritt ein weiteres Abspannen von Teilbereichen mit der Massgabe erfolgt, dass die Drehbewegung des Werkzeuges beendet und zumindest eine Schneidkante desselben an das sich bewegende Werkstück angestellt wird und von diesem Drehspäne abgenommen werden.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass bei einer Herstellung von Kurbelwellen die Lagerzonen jeweils im ersten Bearbeitungsschritt gefräst werden, wonach im zweiten Bearbeitungsschritt jeweils die Drehbewegung des Werkzeuges in einer vorgesehenen Position beendet und in dieser zumindest die Lagerflächen, die beiderseits der Lagerfläche angeordneten Rundungen oder Hohlkehlen der Lagerzapfen drehbearbeitet werden.

3. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass im zweiten Bearbeitungsschritt die Lagerflächen der Kurbelwelle jeweils durch zumindest eine schräggestellte Werkzeugkante mittels Drehräumens abgespannt wird, wobei ein Nachdrehen des Werkzeuges in Abhängigkeit von der Kantenschräge bezogen auf die Lageraxe erfolgt.

4. Verfahren nach Anspruch 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass im zweiten Bearbeitungsschritt die Hohlkehlen der Kurbelwelle durch Formplatten mittels Drehräumens abgespannt werden.

5. Verfahren nach Anspruch 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass bei einer Bearbeitung eines exzentrischen Teiles des drehbewegten Werkstückes, zum Beispiel einer Pleuellagerzone, einer um die Hauptlageraxe drehbewegten Kurbelwelle, das Werkzeug, wie bekannt, der Bearbeitungsfläche gesteuert nachgeführt wird, wobei im zweiten Bearbeitungsschritt in Abhängigkeit von der Amplitude der Bearbeitungsfläche und von dem Abstand der Schneidkante von der Werkzeugachse, eine oszillierende Schwenkbewegung, insbesondere ein oszillierendes Drehschwenken, des Werkzeuges in einem Winkelbereich der Nachführung überlagert wird.

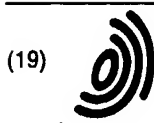
6. Werkzeug zur spanabhebenden Bearbeitung, insbesondere zur Erstellung von gekrümmten abgespannten Oberflächen von Teilbereichen von Werkstücken (1), zum Beispiel von Lagerzonen an Kurbelwellen, welches Werkzeug scheibenförmig und um eine Achse drehbar ausgebildet und mit umfänglich angeordneten Schneidkanten, insbesondere von Schneidkörpern versehen ist, dadurch gekennzeichnet, dass das scheibenförmige Werkzeug (2) umfänglich zumindest zwei unabhängig voneinander einsetzbare Arbeitssegmente aufweist, wovon zumindest ein Segment bzw. ein Umfangs-Teil-Bereich mit einer für ein Fräsen vorgesehenen Vielzahl von Schneidkanten (211) oder Schneidkörpern (21), die aufeinanderfolgend in Arbeitsposition einbringbar sind, bestückt sind und zumindest ein weiteres Segment (20) bzw. einen restlichen, in Richtung zur Achse hin rückversetzten Teilbereich des Umfanges mit zumindest einer Schneidkante (221), insbesondere mit zumindest einem Schneidkörper (22) für eine Drehbearbeitung und/oder für ein Drehräumen eines Werkstückes, besitzt.

7. Werkzeug nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass, gegen die Drehrichtung (D) des Werkzeuges gesehen, das auf ein Arbeitssegment für eine Drehbearbeitung des Werkstückes folgende Arbeitssegment für ein Fräsen/Schneiden (211) besitzt, von denen mindestens die erste Schneidkante im Vergleich mit dem Flugkreis (F) der letzten oder übrigen Schneidkante(n) radial rückversetzt ist.

8. Vorrichtung zur spanabhebenden Bearbeitung, insbesondere Einrichtung zur Erstellung von gekrümmten abgespannten Oberflächen von Werkstücken (1), zum Beispiel von Lagerzonen an Kurbelwellen, bestehend im wesentlichen aus mindestens einer antreibbaren Werkstückspanneinrichtung und einer axparallel drehend antreibbaren, in Richtung (A) zum Werkstück (1) hin- und herschiebbaren und anstellbaren Werkzeugspanneinrichtung mit einem scheibenförmigen Werkzeug (2), insbesondere zur Durchführung des Verfahrens mit einem Werkzeug gemäss den vorgeordneten Ansprüchen, dadurch gekennzeichnet, dass die in Richtung des Werkstückes XA bewegbare Werkzeugspanneinrichtung mit dem Werkzeug (2) alternativ zur Drehbewegung (D) für ein Fräsen, zum Nachführen (S) einer Drehschneide an den Bearbeitungsbereich um einen Winkel gesteuert, oszillierend schwenkbar bzw. dergleichen drehbar ausgebildet ist.

9. Vorrichtung nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass der Oszillation (S) des Werkzeuges (2) um die Einspannachse zum Nachführen der Drehschneide der Bearbeitungsfläche am Werkstück (1), eine sich aus der Schneidengeometrie ableitende Verschiebung (V) des Oszillationsbereiches für ein Drehräumen überlagerbar ist.

Data supplied from the esp@cenet database - I2



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets



(11) EP 1 052 049 A2

(12) EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:
15.11.2000 Patentblatt 2000/46

(51) Int Cl.7: B23D 37/00

(21) Anmeldenummer: 00890138.1

(22) Anmeldetag: 28.04.2000

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AT BE CH CY DE DK ES FI FR GB GR IE IT LI LU
MC NL PT SE
Benannte Erstreckungsstaaten:
AL LT LV MK RO SI

(72) Erfinder: Kirchberger, Peter, Dipl.-Ing.
3350 Haag (AT)

(74) Vertreter: Wildhack, Helmut, Dr. Dipl.-Ing.
Dipl.-Ing. Dr. Wildhack
Landstrasser Hauptstrasse 50
1030 Wien (AT)

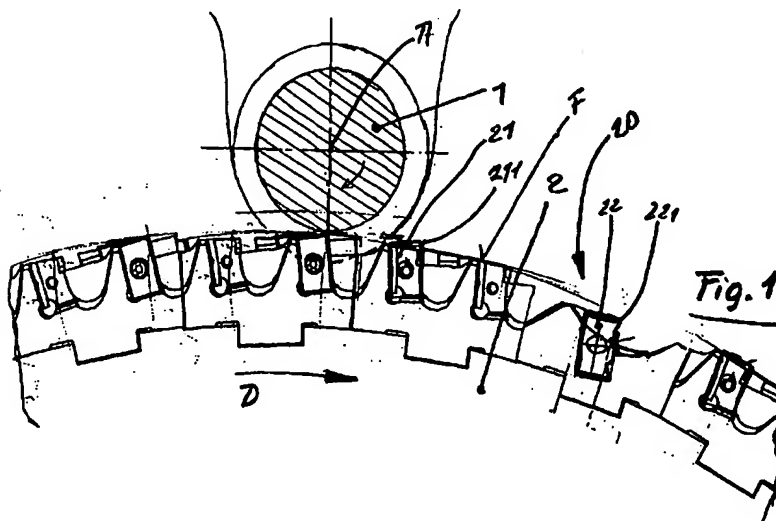
(30) Priorität: 03.05.1999 AT 78899

(71) Anmelder: BÖHLERIT G.m.b.H. & Co. KG
A-8605 Kapfenberg (AT)

(54) Verfahren, Werkzeug und Einrichtung zur spanabhebenden Bearbeitung

(57) Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren, ein Werkzeug und eine Einrichtung zur spanabhebenden Bearbeitung, insbesondere zur Erstellung von gekrümmten abgespannten Oberflächen von Teilbereichen von Werkstücken, zum Beispiel von Lagerzonen an Kurbelwellen, bei welchen das Werkstück sowie zumindest teilweise das Werkzeug gedreht und relativ zueinander bewegt werden und zumindest Teile der endbearbeiteten Oberflächenbereiche eine verbesserte Güte und/oder eine geringere Maßtoleranz aufweisen. Um mit hoher Wahrscheinlichkeit ein Abspannen und eine Erstellung einer Bearbeitungsoberfläche mit hoher

Güte und Genauigkeit zu erreichen, ist erfindungsgemäß vorgesehen, die Bearbeitung in zwei Schritten mit einem Werkzeug durchzuführen, wobei die Spanabnahme vom Werkstück beim ersten Schritt durch Fräsen und beim zweiten Schritt durch Drehen erfolgt. Ein Werkzeug (2) nach der Erfindung ist scheibenförmig ausgebildet und besitzt umfänglich zumindest einen, beim Drehen desselben fräsend wirksamen Bereich von Schneiden (211) und zumindest einen weiteren Bereich (20) mit mindestens einer nach Beendigung der Drehbewegung (D) des Werkzeuges durch Drehen des Werkstückes spanabhebenden Schneide (221).



EP 1 052 049 A2

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur spanabhebenden Bearbeitung, insbesondere zur Erstellung von gekrümmten abgespannten Oberflächen von Teilbereichen von Werkstücken, zum Beispiel von Lagerzonen an Kurbelwellen, bei welchen das Werkstück sowie zumindest teilweise das Werkzeug gedreht und relativ zueinander bewegt werden und zumindest Teile der endbearbeiteten Oberflächenbereiche eine verbesserte Güte und/oder eine geringere Maßtoleranz aufweisen.

[0002] Weiters bezieht sich die Erfindung auf ein Werkzeug zur spanabhebenden Bearbeitung, welches Werkzeug im wesentlichen scheibenförmig und um eine Achse drehbar ausgebildet und mit umfänglich angeordneten Schneidkanten, insbesondere von Schneidkörpern, versehen ist.

[0003] Schließlich befaßt sich die Erfindung mit einer Vorrichtung zur spanabhebenden Bearbeitung bestehend im wesentlichen aus mindestens einer antreibbaren Werkstückspanneinrichtung und einer axparallel drehend, antreibbaren in Richtung zum Werkstück hin- und herschiebbaren und anstellbaren Werkzeugspanneinrichtung mit einem scheibenförmigen Werkzeug.

[0004] Bei einer Abspannung zur Erstellung von gekrümmten Oberflächen an Werkstücken kann das Werkstück oder beides relativ zueinander gesteuert bewegt werden, welche Bewegungen letztlich das Bearbeitungsverfahren kennzeichnen. Eine Bearbeitung durch Fräsen liegt nach üblicher Fachmeinung vor, wenn ein bewegtes Werkzeug mit mehreren aufeinanderfolgend in Eingriff gelangenden Schneiden späneerzeugend wirksam ist. Eine Drehbearbeitung erfolgt durch eine drehende und spanerzeugende Bewegung des Werkstückes bei Anstellung von einer oder mehreren Werkzeugschneiden.

[0005] Bearbeitete Zapfen von Werkstücken sind sowohl durch ein Drehen als auch durch ein Fräsen des Rohlings herstellbar. Wird ein Lagerzapfen einer Kurbelwelle durch Fräsen bearbeitet, so dreht sich das Werkzeug mit einer Vielzahl von Schneiden, wobei eine langsame Drehung der Welle selbst den Vorschub begründet. Jede Schneide des Werkzeuges ist dabei abspannend wirksam, woraus sich eine große Zerspanungsleistung bzw. eine hohe Effizienz der Bearbeitung ergibt. Nachteilig jedoch ist, daß jede einzelne nacheinander in Eingriff gebrachte Schneide auf Grund des Vorschubes einen Span vom Werkstück abnimmt und dadurch dessen abgespannte Oberfläche eine Riefen aufweisende Struktur erhält. Derartige Oberflächenriefen sind bedeutungslos, wenn nachfolgend beispielsweise ein Schleifen der Bearbeitungsbereiche vorgenommen wird oder wenn die Riefen, auf Grund einer geringen mechanischen Belastung dieser Bereiche des Werkstückes im praktischen Einsatz, keine Rißinitiationsgefahr darstellen.

[0006] Wenn, wie alternativ zu einer Fräsbearbeitung,

ein Abdrehen zur Erstellung der bearbeiteten Oberflächen im Zapfenbereich einer Kurbelwelle vorgenommen wird, können zwar höchste Güte derselben und geringste Maßtoleranzen erreicht werden, die Abspannungsleistung und die Wirtschaftlichkeit der Fertigung sind jedoch gering.

[0007] Maschinenbaukomponenten werden im zunehmenden Maße mechanisch höher belastet, sodaß zur Vermeidung von Dauerbrüchen bei Wechselbeanspruchungen für hochbelastete Bereiche riefenfreie Oberflächenausführungen erforderlich sind. Dementsprechend werden vielfach die Übergänge der Zapfen von den Hauptlagern und den Pleuellagern einer Kurbelwelle mit riefenfreien Ausrundungen oder dergleichen Hohlkehlen gefordert, was durch eine Drehbearbeitung dieser Bereiche erreichbar ist.

[0008] Um nun bei einer Bearbeitung einer Kurbelwelle einerseits eine große Abspannungsleistung in den Zapfenzonen zu erreichen und andererseits die Oberflächengüte der Ausrundungen oder Hohlkehlen an den Zapfenübergängen zu verbessern, erfolgt jedoch vielfach ein Werkzeugwechsel, das heißt, der aufgespannte Rohling wird mit einem Fräs Werkzeug bearbeitet, worauf dieses ausgebracht, ein Drehwerkzeug positioniert und mit diesem die Bereiche, die eine riefenfreie Oberfläche aufweisen müssen, mittels Drehens zumindest nachbearbeitet werden. Prinzipiell ist es auch möglich, den Rohling umzuspannen bzw. jeweils in Einzweckmaschinen zu spanen.

[0009] Ein Werkzeugwechsel sowie ein Umspannen des Werkstückes sind auch der Maßgenauigkeit wegen aufwendige Operationen, die Zeit erfordern, so daß in der Bearbeitungstechnik, insbesondere für eine spanende Formgebung von Kurbelwellen, wirtschaftliche Lösungen für ein Fräsen und nachfolgend ein Drehen bestimmter Bereiche eines Werkstückes gesucht werden.

[0010] Hier will die Erfindung Abhilfe schaffen und setzt sich zum Ziel, ein Verfahren anzugeben, mit welchem eine kostengünstige Erstellung von gekrümmten abgespannten Oberflächen mit zumindest Teilbereichen mit verbesserter Güte herstellbar ist.

[0011] Auch ist es Aufgabe der vorliegenden Erfindung, ein Werkzeug zu schaffen, mit welchem ein Abspannen mit großer Leistung und der Erhalt einer riefenfreien Bearbeitungs Oberfläche ermöglicht wird.

[0012] Ferner ist es Ziel der Erfindung, Mängel von Bearbeitungsmaschinen zu beseitigen und eine Vorrichtung zu erstellen, mit welcher ohne Umspannoperationen eine Fräsbearbeitung und ein Drehen eines Werkstückes vorgenommen werden können.

[0013] Das Ziel wird bei einem Verfahren der eingangs genannten Art dadurch erreicht, daß die Bearbeitung in zwei Schritten mit einem Werkzeug erfolgt, wobei als erster Bearbeitungsschritt ein Abspannen durch Fräsen durchgeführt wird, bei welchem das Werkstück sowie das Werkzeug bewegt und/oder gedreht und relativ zueinander angestellt werden, wonach in einem zweiten Bearbeitungsschritt ein weiteres Abspannen von

Teilbereichen mit der Maßgabe erfolgt, daß die Drehbewegung des Werkzeuges beendet und zumindest eine Schneidkante desselben an das sich bewegende Werkstück angestellt wird und von diesem Drehspäne abgenommen werden.

[0014] Die mit der Erfindung erreichten Vorteile sind im wesentlichen darin zu sehen, daß einem hochwirtschaftlichen Bearbeiten durch Fräsen unmittelbar ein Drehen folgt, mittels welchen bei geringer Abspannung eine Oberflächengüte erreichbar ist, die hohe Sicherheit gegen die Initiation von Dauerbrüchen gewährleistet. Dauerbrüche von Bauteilen auf Grund von wechselnden Belastungen derselben gehen fast ausnahmslos von scharfen Kanten und von Oberflächenkerben aus. Aus diesem Grund werden anwendungstechnisch erforderliche Kanten von dynamisch beanspruchten Teilen gerundet oder mit Hohlkehlen ausgeführt, wobei die Oberfläche dieser Bereiche in besonderem Maße kerbfrei zu erstellen ist. Erfindungsgemäß ist es nun möglich, derartige Übergänge in wechselnd beanspruchten Teilen besonders wirtschaftlich sowie mit einer hohen Oberflächengüte, zumindest in den erforderlichen Teilbereichen, zu fertigen.

[0015] Fertigungstechnisch, jedoch auch hinsichtlich verbesserter Gebrauchseigenschaften kann es günstig sein, wenn bei einer Herstellung von Kurbelwellen die Lagerzonen jeweils im ersten Bearbeitungsschritt gefräst werden, wonach im zweiten Bearbeitungsschritt jeweils die Drehbewegung des Werkzeuges in einer vorgesehenen Position beendet und in dieser zumindest die Lagerflächen, die beiderseits der Lagerfläche angeordneten Rundungen oder Hohlkehlen der Lagerzapfen drehbearbeitet werden. Gegebenenfalls ist dazu lediglich eine Erhöhung der Werkstückdrehzahl erforderlich, so daß insgesamt vergleichsweise wesentlich geringere Stückfertigungszeiten erreichbar sind, was auch eine Erhöhung der Kapazität der Bearbeitungsmaschine mit sich bringt.

[0016] Wenn weiters, wie vorteilhaft vorgesehen sein kann, im zweiten Bearbeitungsschritt die Lagerflächen der Kurbelwelle jeweils durch zumindest eine schräggestellte Werkzeugkante mittels Drehräumens abgespannt werden, wobei ein Nachdrehen des Werkzeuges in Abhängigkeit von der Kantenschräge bezogen auf die Lageraxe erfolgt, ist es möglich, zusätzlich eine verbesserte Axparallelität der Fläche zu erhalten und eine geringere Maßtoleranz vorzusehen bzw. die Schleifzugabe an den Lagerstellen zu verkleinern.

[0017] Insbesondere im Hinblick auf einen kontinuierlichen Zerspanungsvorgang sowie ein Vermeiden eines Umspannens des Werkstückes bzw. Rohlings, was in nachteiliger Weise die Bearbeitungszeiten erhöhen und die Bearbeitungsgenauigkeit verringern kann, ist es bevorzugt, wenn bei einer Bearbeitung eines exzentrischen Teiles des drehbewegten Werkstückes, zum Beispiel einer Pleuellagerzone, einer um die Hauptlageraxe drehbewegten Kurbelwelle, das Werkzeug, wie bekannt, der Bearbeitungsfläche gesteuert nachgeführt

wird, wobei im zweiten Bearbeitungsschritt in Abhängigkeit von der Amplitude der Bearbeitungsfläche und von dem Abstand der Schneidkante von der Werkzeugachse, eine oszillierende Schwenkbewegung, insbesondere ein oszillierendes Drehschwenken, des Werkzeuges in einem Winkelbereich der Nachführung überlagert wird.

[0018] Die weitere Aufgabe der vorliegenden Erfindung wird bei einem gattungsgemäßen Bearbeitungsmittel dadurch gelöst, daß das scheibenförmige Werkzeug umfänglich zumindest zwei unabhängig voneinander einsetzbare Arbeitssegmente aufweist, wovon zumindest ein Segment bzw. ein Umfangs-Teil-Bereich mit einer für ein Fräsen vorgesehenen Vielzahl von Schneidkanten oder Schneidkörpern, die aufeinanderfolgend in Arbeitsposition einbringbar sind, bestückt sind und zumindest ein weiteres Segment bzw. einen restlichen, in Richtung zur Achse hin rückversetzten Teilbereich des Umfangs mit zumindest einer Schneidkante, insbesondere mit zumindest einem Schneidkörper für eine Drehbearbeitung und/oder für ein Drehräumen eines Werkstückes, besitzt.

[0019] Die mit dem erfindungsgemäßen Werkzeug erreichten Vorteile sind im wesentlichen darin begründet, daß mit demselben Werkzeug ein Fräsen und ein Drehen erfolgen kann, daß also bei entsprechender Planung der Bearbeitungsschritte eine effiziente Abspannung und eine hohe Oberflächengüte in kürzester Zeit erreichbar sind. Nach dem Fräsen mit hoher Abspannungsleistung werden einfach das Werkzeug in jener Position angehalten, in welcher dessen rückversetzter Teilbereich mit den Schneidkanten für eine Drehbearbeitung gegen das Werkstück weist, diese an die gegebenenfalls vorbearbeitete Oberfläche angestellt und eine Drehoperation zur Verbesserung der Oberfläche und Maßgenauigkeit durchgeführt.

[0020] Besonders hohe Spanabnahmen mit im wesentlichen gleicher Spandicke sind vorteilhaft erreichbar, wenn, gegen die Drehrichtung des Werkzeuges gesehen, das auf ein Arbeitssegment für eine Drehbearbeitung des Werkstückes folgende Arbeitssegment für ein Fräsen, Schneiden besitzt, von denen mindestens die erste Schneidkante im Vergleich mit dem Flugkreis der letzten oder übrigen Schneidkante(n) radial rückversetzt ist.

[0021] Das weitere Ziel der Erfindung, die Mängel von bekannten Bearbeitungsmaschinen zu beseitigen, wird bei einer Vorrichtung der eingangs genannten Art dadurch erreicht, daß die in der Richtung des Werkstückes bewegbare Werkzeugspanneinrichtung mit dem Werkzeug alternativ zur Drehbewegung für ein Fräsen, zum Nachführen einer Drehschneide an dem Bearbeitungsbereich um einem Winkel gesteuert, oszillierend schwenkbar bzw. dergleichen drehbar ausgebildet ist.

[0022] Erfindungsgemäß wird dadurch vorteilhaft erreicht, daß das Drehwerkzeug auch bei sich exzentrisch um eine Axe drehenden Bearbeitungsflächen, wie zum Beispiel Pleuellagerflächen einer Kurbelwelle, in allen

Fällen winkelgerecht, das heißt mit gleichbleibendem Span- Frei- und Anstellwinkel in Eingriff bringbar ist.

[0023] In Weiterbildung der erfindungsgemäßen Bearbeitungseinrichtung ist für eine Drehbearbeitung einer Zylinderfläche von besonderem Vorteil, wenn der Oszillation des Werkzeuges um die Einspannachse zum Nachführen der Drehschneide der Bearbeitungsfläche am Werkstück, eine sich aus der Schneidengeometrie ableitende Verschiebung des Oszillationsbereiches für ein Drehräumen überlagerbar ist. Derart wird ein sogenanntes Rattern des Werkzeuges, welches leicht bei der Abnahme von breiten Spänen entsteht, vermieden und eine hohe Güte der gedrehten Oberfläche am Werkstück erreicht.

[0024] Im folgenden soll die Erfindung anhand von lediglich einen Ausführungsweg darstellenden Zeichnungen näher erläutert werden. Es zeigt schematisch

- Fig. 1 Fräsbearbeitung eines Kurbelwellenzapfens
- Fig. 2 Drehbearbeitung
- Fig. 3 Drehräumenbearbeitung
- Fig. 4 a Rohling
- Fig. 4 b Fräsform
- Fig. 4 c Dreh- oder Endform
- Fig. 5 Werkzeugbewegung beim Fräsen
- Fig. 6 Werkzeugbewegung beim Drehen
- Fig. 7 Werkzeugbewegung beim Drehräumen

[0025] In Fig. 1 ist ein Werkstück 1, im vorliegenden ein Kurbelwellenzapfen, bei einer Fräsbearbeitung durch ein Werkzeug 2 dargestellt, wobei eine Drehrichtung D des Werkzeuges derjenigen eines Werkstückes 1 gegengerichtet ist. Schneidkörper 21 mit Schneidecken 211 für ein Fräsen, die einen Flugkreis F bildend, durch eine Rotation des Werkzeuges in einer Folge bei einer Anstellung desselben abspannend wirksam sind, werden in einem Umfangsbereich durch ein Segment 20 mit einem, in der Position gegen die Werkzeugachse bzw. den Flugkreis F rückversetzten Schneidkörper 22 mit einer Schneidkante 221 für eine Drehbearbeitung unterbrochen. Während einer Fräsbearbeitung des Werkstückes gelangt die Schneidkante 221 nicht in Eingriffsposition.

[0026] Nach einer Spanabnahme durch ein Fräsen wird das Werkzeug 2 in einer Position, wie in Fig. 2 dargestellt, angehalten bzw. festgelegt, in welcher ein Schneidkörper 22 mit einer Schneidkante 221 für eine Drehbearbeitung des Werkstück 1 gegenüber liegt. Durch Anstellen des nun feststehenden Werkzeuges 2 an ein sich drehendes Werkstück 1 erfolgt eine Drehbearbeitung von Oberflächenteilen.

[0027] In Fig. 3 ist eine Bearbeitung einer Zylinderfläche eines Werkstückes 1, zum Beispiel eines Zapfens einer Kurbelwelle, durch Drehräumen dargestellt. Gegenüber einem sich drehenden Werkstück wird dabei eine schräggestellte Werkzeugschneide 221 durch einen Vorschub V gegen die Werkstückdrehrichtung jeweils partiell spanbildend wirksam,

[0028] Die Fig. 4 zeigen jeweils schematisch einen Ablauf einer Abspannung.

In Fig. 4a ist ein Werkstück 1 mit einer Kontur 11 des Rohlings und einer solchen 12 des bearbeiteten Teiles dargestellt, wobei die Bearbeitungskontur 12 Hohlkehlen 13 besitzt.

Fig. 4b zeigt obiges Werkstück mit einem durch ein Fräsen mittels Fräs-Schneidkörpers 21, 21', 21'' abgespannten Volumsbereich 121 hinsichtlich einer Rohlingsoberfläche 11. Schneidkörper 22 für eine Drehbearbeitung sind in einem Teilbereich des Werkzeugumfanges rückversetzt und nicht im Eingriff.

In Fig. 4c ist ein Werkzeug 2 derart positioniert, daß Drehkörper 22 und 22' mit Schneiden 122 Hohlkehlen 13 in einen Bearbeitungsbereich eines Werkstückes eindrehen.

[0029] In Fig. 5 ist eine Fräsbearbeitung eines Werkstückes 1 bzw. ein hinsichtlich der Standzeit der Werkzeugschneiden vorteilhaftes Abfräsen eines Pleuelzapfens einer Kurbelwelle in Gleichlaufrichtung dargestellt. Weil die Kurbelwelle derart aufgespannt ist, daß sich diese um die Hauptlageraxe B dreht, vollführt der Pleuelzapfen bzw. dessen Axe A eine exzentrische Drehbewegung der durch eine Nachführbewegung X_A des Werkzeuges Rechnung getragen werden muß. Erfolgt nun dem Fräsen nachgeordnet erfindungsgemäß eine Drehbearbeitung mittels eines Schneidkörpers 22, wie in Fig. 6 dargestellt, so wird zusätzlich zu einer Nachführbewegung X_A eine drehende Schwenkbewegung S des Werkzeuges 2 zur winkelgerechten Anstellung der Schneidkante 221 vorgenommen.

[0030] Eine Schwenkbewegung S eines Werkzeuges 2 beim Drehen eines exzentrisch aufgespannten Werkstückes 1 wird, wie in Fig. 7 dargestellt ist, bei einem Drehräumen eine Verschiebung V überlagert, die einen feinen Drehspan in Axrichtung ohne Rattererscheinungen des Werkzeuges von der Werkstückoberfläche abnimmt.

Patentansprüche

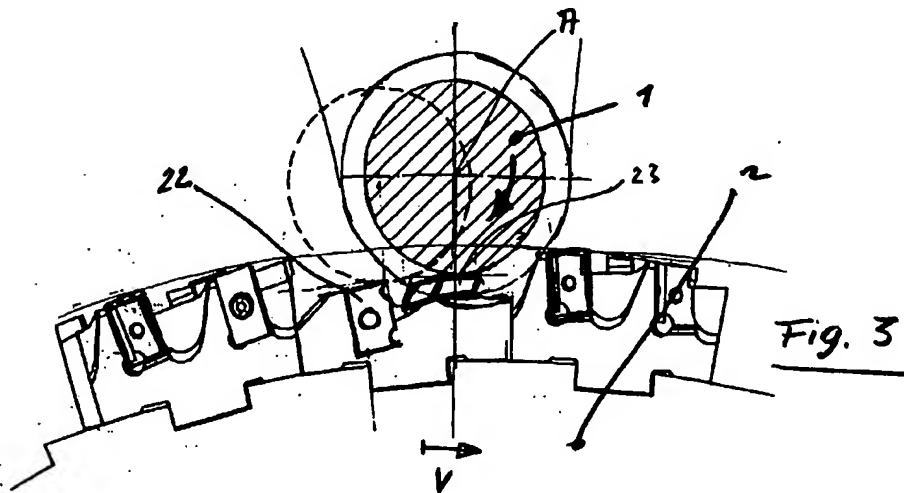
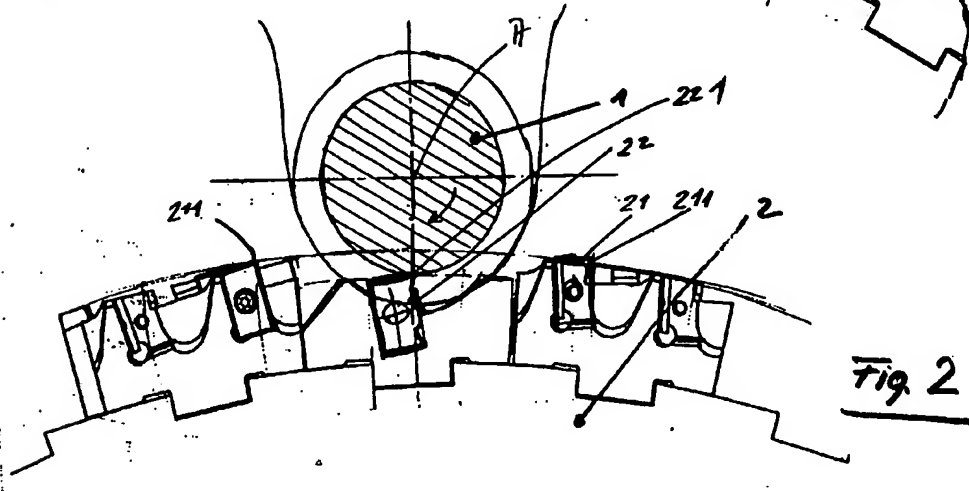
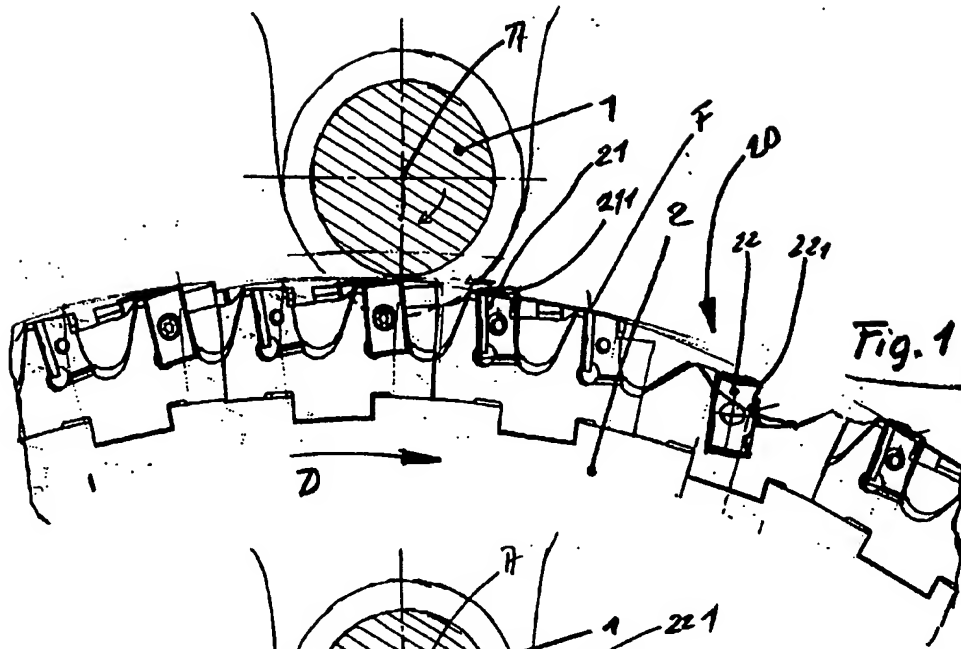
1. Verfahren zur spanabhebenden Bearbeitung, insbesondere zur Erstellung von gekrümmten abgespannten Oberflächen von Teilbereichen von Werkstücken, zum Beispiel von Lagerzonen an Kurbelwellen, bei welchen das Werkstück sowie zumindest teilweise das Werkzeug gedreht und relativ zueinander bewegt werden und zumindest Teile der endbearbeiteten Oberflächenbereiche eine verbesserte Güte und/oder eine geringere Maßtoleranz aufweisen, dadurch gekennzeichnet, daß die Bearbeitung in zwei Schritten mit einem Werkzeug erfolgt, wobei als erster Bearbeitungsschritt ein Abspannen durch Fräsen durchgeführt wird, bei welchem das Werkstück sowie das Werkzeug bewegt und/oder gedreht und relativ zueinander angestellt werden, wonach in einem zweiten Bearbeitungs-

schrift ein weiteres Abspannen von Teilbereichen mit der Maßgabe erfolgt, daß die Drehbewegung des Werkzeuges beendet und zumindest eine Schneidkante desselben an das sich bewegende Werkstück angestellt wird und von diesem Drehspäne

2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß bei einer Herstellung von Kurbelwellen die Lagerzonen jeweils im ersten Bearbeitungsschritt gefräst werden, wonach im zweiten Bearbeitungsschritt jeweils die Drehbewegung des Werkzeuges in einer vorgesehenen Position beendet und in dieser zumindest die Lagerflächen, die beiderseits der Lagerfläche angeordneten Rundungen oder Hohlkehlen der Lagerzapfen drehbearbeitet werden. 10
3. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, daß im zweiten Bearbeitungsschritt die Lagerflächen der Kurbelwelle jeweils durch zumindest eine schräggestellte Werkzeugkante mittels Drehräumens abgespannt wird, wobei ein Nachdrehen des Werkzeuges in Abhängigkeit von der Kantenschräge bezogen auf die Lageraxe erfolgt. 20
4. Verfahren nach Anspruch 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet**, daß im zweiten Bearbeitungsschritt die Hohlkehlen der Kurbelwelle durch Formplatten mittels Drehräumens abgespannt werden. 30
5. Verfahren nach Anspruch 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet**, daß bei einer Bearbeitung eines exzentrischen Teiles des drehbewegten Werkstückes, zum Beispiel einer Pleuellagerzone, einer um die Hauptlageraxe drehbewegten Kurbelwelle, das Werkzeug, wie bekannt, der Bearbeitungsfläche gesteuert nachgeführt wird, wobei im zweiten Bearbeitungsschritt in Abhängigkeit von der Amplitude der Bearbeitungsfläche und von dem Abstand der Schneidkante von der Werkzeugachse, eine oszillierende Schwenkbewegung, insbesondere ein oszillierendes Drehschwenken, des Werkzeuges in einem Winkelbereich der Nachführung überlagert wird. 40
6. Werkzeug zur spanabhebenden Bearbeitung, insbesondere zur Erstellung von gekrümmten abgespannten Oberflächen von Teilbereichen von Werkstücken (1), zum Beispiel von Lagerzonen an Kurbelwellen, welches Werkzeug scheibenförmig und um eine Achse drehbar ausgebildet und mit umfänglich angeordneten Schneidkanten, insbesondere von Schneidkörpern versehen ist, **dadurch gekennzeichnet**, daß das scheibenförmige Werkzeug (2) umfänglich zumindest zwei unabhängig voneinander einsetzbare Arbeitssegmente auf-

weist, wovon zumindest ein Segment bzw. ein Umfangs-Teil-Bereich mit einer für ein Fräsen vorgesehenen Vielzahl von Schneidkanten (211) oder Schneidkörpern (21), die aufeinanderfolgend in Arbeitsposition einbringbar sind, bestückt sind und zumindest ein weiteres Segment (20) bzw. einen restlichen, in Richtung zur Achse hin rückversetzten Teilbereich des Umfangs mit zumindest einer Schneidkante (221), insbesondere mit zumindest einem Schneidkörper (22) für eine Drehbearbeitung und/oder für ein Drehräumen eines Werkstückes, besitzt.

7. Werkzeug nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet**, daß, gegen die Drehrichtung (D) des Werkzeuges gesehen, das auf ein Arbeitssegment für eine Drehbearbeitung des Werkstückes folgende Arbeitssegment für ein Fräsen/Schneiden (211) besitzt, von denen mindestens die erste Schneidkante im Vergleich mit dem Flugkreis (F) der letzten oder übrigen Schneidkante(n) radial rückversetzt ist. 15
8. Vorrichtung zur spanabhebenden Bearbeitung, insbesondere Einrichtung zur Erstellung von gekrümmten abgespannten Oberflächen von Werkstücken (1), zum Beispiel von Lagerzonen an Kurbelwellen, bestehend im wesentlichen aus mindestens einer antreibbaren Werkstückspanneinrichtung und einer axparallel drehend antreibbaren, in Richtung (A) zum Werkstück (1) hin- und herverschiebbaren und anstellbaren Werkzeugspanneinrichtung mit einem scheibenförmigen Werkzeug (2), insbesondere zur Durchführung des Verfahrens mit einem Werkzeug gemäß den vorgeordneten Ansprüchen, **dadurch gekennzeichnet**, daß die in Richtung des Werkstückes X_A bewegbare Werkzeugspanneinrichtung mit dem Werkzeug (2) alternativ zur Drehbewegung (D) für ein Fräsen, zum Nachführen (S) einer Drehschneide an den Bearbeitungsbereich um einen Winkel gesteuert, oszillierend schwenkbar bzw. dergleichen drehbar ausgebildet ist. 25
9. Vorrichtung nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet**, daß der Oszillation (S) des Werkzeuges (2) um die Einspannachse zum Nachführen der Drehschneide der Bearbeitungsfläche am Werkstück (1), eine sich aus der Schneidengeometrie ableitende Verschiebung (V) des Oszillationsbereiches für ein Drehräumen überlagerbar ist. 45



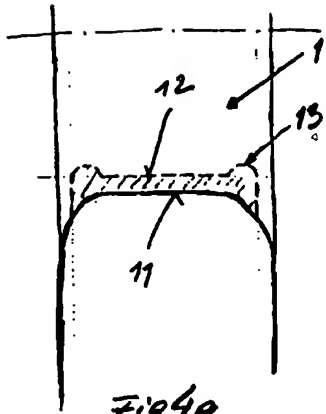


Fig. 4a

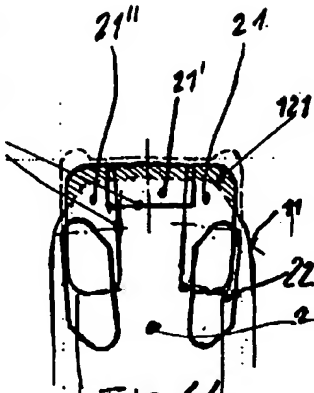


Fig. 4b

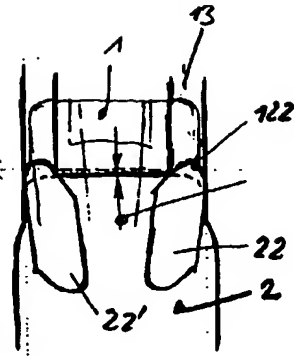


Fig. 4c

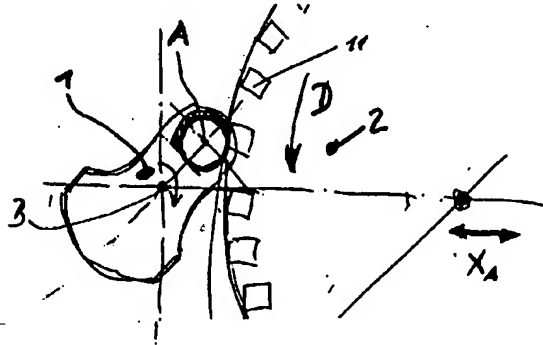


Fig. 5

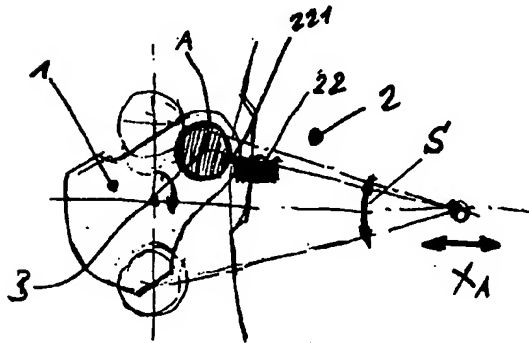


Fig. 6

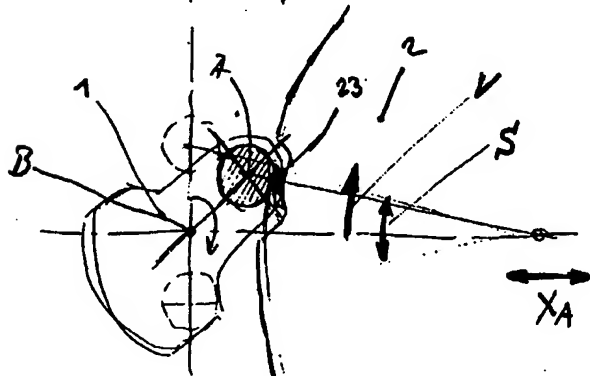


Fig. 7.

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☐ FADED TEXT OR DRAWING
- ☒ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.